

Die blaue Gumpe, ein Quelltrichter (Limnokrene) des Großen Ostersees nahe Iffeldorf (Bayern). Der Große Ostersee ist ein Beispiel für ein oligotrophes Gewässer.

Fernerkundung von Binnengewässern

Aufnahmesysteme

Die wachsenden Anforderungen an für die Gewässerfernerkundung geeignete Sensoren führen zu Systemen mit hoher spektraler und räumlicher Auflösung, wobei sich die Streifenbreite der Aufnahme verringert.

multi-spektral	+	geringe bis mittlere Bodenauflösung	→	große Schwadbreite
hyper-spektral	+	hohe Bodenauflösung	→	kleine Schwadbreite

- Die neuen Systeme stellen hohe Anforderungen an:
- die Übertragung, Speicherung und Prozessierung der Daten („Big Data“)
 - geometrische und radiometrische Korrekturverfahren
 - die Interpretationsalgorithmen

Die Auswertung der Hyperspektraldaten erfordert neue Modelle und Verfahren, in denen die größere biologische Diversität der Binnengewässer berücksichtigt wird. Dies erfordert ein synergetisches Zusammenführen mathematischer, physikalischer, biologischer sowie geoökologischer Expertisen.

Gewässereigenschaften

- Binnengewässer werden durch ihre physikalischen und biologischen Eigenschaften charakterisiert:
- Unterteilung der Binnengewässer in Stillgewässer und Fließgewässer
 - Nährstoffgehalt und Trophiezustand: (Trophiegrade nach LAWA 1999, Quelle für die Beispiele: UBA, 2016)

oligotroph	Starnberger See (2014)
mesotroph	Müritz (2012)
eutroph e1	Großer Müggelsee (2011)
eutroph e2	Oberhavel (2011)
polytroph p1	Dobersdorfer See (2002)
polytroph p2	Steinhuder Meer (2003)
hypertroph	Wölfersheimer See (1986 *)

- Temperatur, Schichtung und Durchmischung
- räumliche Verteilung des Phytoplanktons
- Energie- und Stoffhaushalt (Primärproduktion)

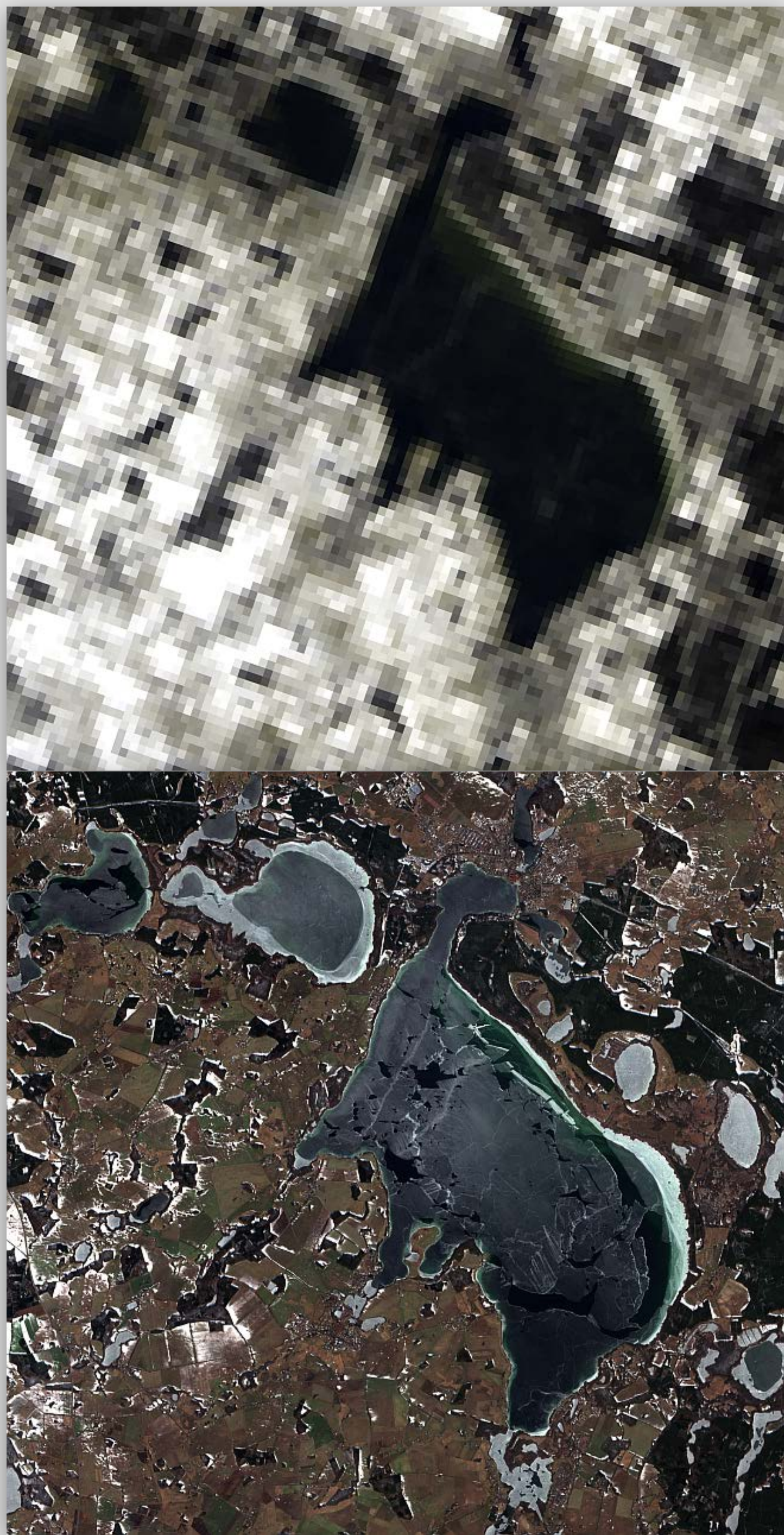
* Quelle:
B. Nixdorf et al., Braunkohlentagebaueen in Deutschland, Abschlußbericht F&E Vorhaben FKZ 29822240, 31.05.2000

Sensor	Start	Ende	Typ, Träger	Kanäle	Bereich Wellenlänge in nm	Schwadbreite	max. Bodenauflösung
SeaWiFS	08/1997	12/2010	multispektral, OrbView-2	8	400 - 885	2801 km (LAC)	1100 m @705 km (LAC, Local Area Coverage)
MERIS	03/2002	04/2012	multispektral, ENVISAT	15	390 - 1040	1150 km	260 m x 300 m (FR, Full Resolution)
MODIS	05/2002		multispektral, Aqua	36	400 - 14400	2330 km	250 m, Kanäle 1-2 (0.6 - 0.9) µm 500 m, Kanäle 3-7 (0.4 - 2.1) µm 1000 m, Kanäle 8-36
OLCI	02/2016		multispektral, Sentinel-3	21	400 - 1020	1270 km	300 m @814.5 km
HypEX	DLR: seit 2012 im Einsatz		hyperspektral, Flugzeug	160 VNIR 256 SWIR	420 - 990 970 - 2500	480 m @GSD 0.3 m 250 m @GSD 0.6 m	30 cm VNIR 60 cm SWIR
DESIS	2018		hyperspektral, MUSES/ISS	235	400 - 1000	30 km	30 m @400 km
EnMAP HSI	Ende 2019		hyperspektral, EnMAP	95 VNIR 135 SWIR	420 - 1000 900 - 2450	30 km	30 m @653 km

Sensoren für die Gewässerfernerkundung (Auswahl): die technische Entwicklung ist deutlich zu erkennen



In-situ-Messungen mit MMS-5-Tauchspektrometer auf dem Großen Stechlinsee



Satellitenaufnahmen der Müritz (Mecklenburg-Vorpommern) im Vergleich: Sentinel-3 (OLCI reprojiert; oben) versus Sentinel-2 (MSI, unten)

In-situ-Messungen in Binnengewässern

Datenerhebung

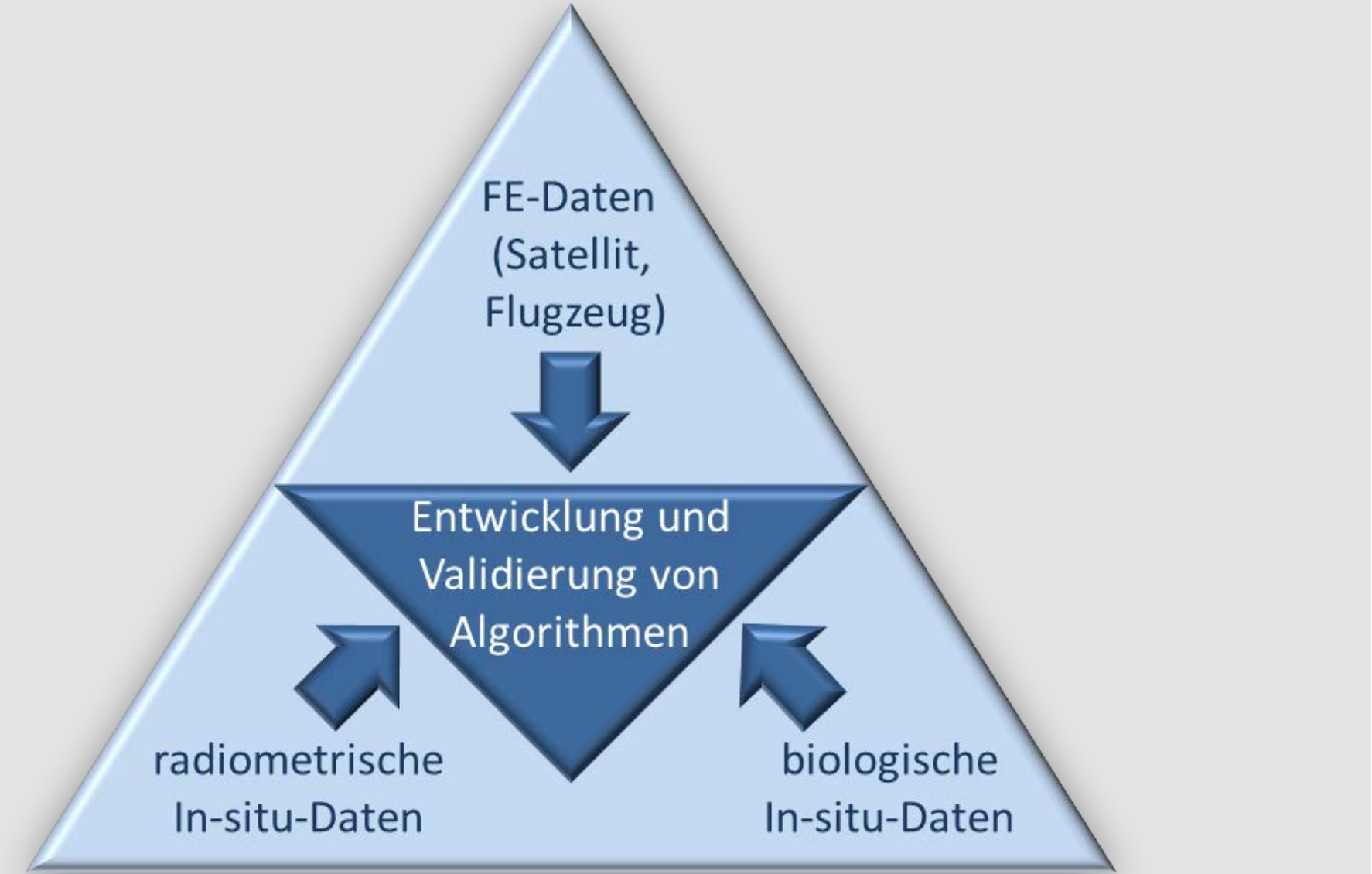
- In-situ-Messung von radiometrischen Größen wie E_d , E_u (abwärts- und aufwärtsgerichtete vektorielle Irradianz) und L_u (aufwärtsgerichtete Radianz), zusätzlich von E_{od} und E_{ou} (skalare Irradianz) mittels Tauchspektrometer
- Aufnahme von Tiefenprofilen
- Bestimmung der Sichttiefe (mittels Secchi-Scheibe)
- Parallel dazu Erfassung der aktuellen Messposition, der Wassertemperatur und der Wetterbedingungen sowie Messung atmosphärischer Parameter
- Messung biologischer Kenngrößen (Biomasse, Absorption) und Bestimmung der vorkommenden Phytoplanktonarten

Datenauswertung

- Ableitung von Parametern wie *Remote Sensing Reflectance* R_{rs} und Dämpfungskoeffizient K_d aus den radiometrischen Messungen
- Nutzung der gemessenen Werte zur Vorwärtssimulation von Wasserinhaltsstoffen (Chlorophyll-a, Schwebstoffe)
- Vergleich der simulierten Werte mit den Labormessungen

Auswertung optischer FE-Daten – Algorithmen und Validierung

- Modellentwicklung zur Ableitung interessierender Parameter
- allgemeine Probleme:
 - Atmosphärenkorrektur,
 - Topographie,
 - Mischpixel,
 - Nachbarschaftseffekte durch Uferbewuchs,
 - Korrelierung mathematischer Berechnungsergebnisse und physikalischer Parameter
 - spezielle Probleme:
 - Diversität der Binnengewässer,
 - Entwicklung universeller mathematisch-physikalischer Modelle kaum möglich
 - Validierung der aus Satellitendaten abgeleiteten Parametern mit den *in situ* gewonnenen Parametern
 - Verbesserung der Modelle
 - Entwicklung neuer Verfahren



Bereitstellung von Datenprodukten

- hochaufgelöste Chlorophyllkarten
- Algalalarmkarten
- Wassertransparenz
- Trophiezustandsindex

... zur Unterstützung bei der Beurteilung des Zustands von Binnengewässern